

博士論文要旨

論文題名：PPP/VPPP GR モデルによる車両用 1 周波受信機の測位アルゴリズムの高度化

立命館大学大学院理工学研究科
電子システム専攻博士課程後期課程

モウリ アツシ
毛利 篤史

本論文は低コストの 1 周波 GNSS(Global Navigation Satellite System)受信機を使用した車両アプリケーション向け測位において、測位解の高信頼化、高精度化を行う新たな測位アルゴリズムについて述べたものである。特に、GNSS 線形回帰モデル(GR モデル)によるドップラ観測量異常値の検出と補正、一重差/二重差観測量による PPP (Precise Point Positioning)や VPPP(Very PPP)測位アルゴリズムを提案し、測位の高信頼化、高精度化を実現している。

はじめに、擬似距離、ドップラシフト、搬送波位相観測量の数学モデルを測位の基本方程式として導出している。二重差観測量の GR モデルは相対測位アルゴリズムに類似しているが全てのアンテナ位置は未知である。その未知のアンテナ位置と GNSS 観測量の全ての搬送波位相の二重差整数値バイアスを推定するためのカルマンフィルタアルゴリズムが導出されている。

次に、車両用のドップラ観測量補助による GNSS 測位で測位不良を引起すドップラ異常検知とその補正手法について述べている。ドップラ異常検知アルゴリズムとして二つの方法が提案されており、ひとつはカルマンフィルタのイノベーション処理に基づく手法で、他方は C/A コード擬似距離とドップラシフトの距離変化率の観測量の差分に基づく手法である。また補正についてはドップラ異常値を除去する方法と推定する手法が提案されている。

さらに、アンテナ間の幾何学的距離を拘束条件とする VPPP 更新アルゴリズムを導出している。アンテナ位置と整数値バイアスを含むパラメータのより高精度な推定により測位の高精度化が実現されている。定点観測環境で正方形の板に固定された 4 アンテナの観測量が測位評価に使用され、従来の PPP/VPPP アルゴリズムと比較して二重差に基づく PPP/VPPP アルゴリズムによる 50cm レベルのより高精度な RMS 測位誤差が示されている。

最後に、姿勢推定のための基線ベクトルに基づくオイラー角推定アルゴリズムを導出している。平面に配置された高精度なアンテナ位置が上記の提案手法により得られれば、複数アンテナ間の基線ベクトル情報から最小二乗法によりオイラー角が推定可能であり、本論文で提案されている測位手法を応用していわゆる GNSS ジャイロの実現が可能であることが示されている。

Abstract of Doctoral Thesis

Title: Advanced Positioning Algorithms for Automotive Single Frequency Receivers Based on PPP/VPPP GR Models

Doctoral Program in Advanced Electrical, Electronic and Computer Systems
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

モウリ アツシ

MOURI Atsushi

This thesis addresses more reliable and precise novel positioning algorithms for automotive applications using low-end single-frequency Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers. In addition, it refers to the detection and correction of Doppler-observable outliers and precise point positioning (PPP)/very precise point positioning (VPPP) algorithms using single or double-difference (SD/DD) observables based on the GNSS regression (GR) models.

First, mathematical models of pseudoranges, Doppler shifts, and carrier-phase measurements are derived as basic equations for the positioning. The GR models for DD-based observables are shown, which are similar to the GR models for relative positioning algorithms; however, all antenna positions are unknown. The Kalman filtering algorithms for recursive estimation of all antenna positions and DD-based integer ambiguity of all carrier-phases are derived.

Second, methods of detecting Doppler outliers that cause positioning errors at Doppler-aided GNSS positioning for automotive applications and methods of correcting these errors are referred. The detection method based on the innovation process in Kalman filtering and that based on the measurements made on the basis of the difference between C/A code delta-ranges and Doppler shift range-rates are referred. Then, two correction methods, namely the Doppler outlier exclusion and Doppler outlier estimation, are proposed.

VPPP update algorithms based on geometric distance constraints estimate the parameters more precisely, including antenna positioning and integer ambiguities. Observables by four antennas on a squared board in a static situation are used for the positioning. Compared with the conventional PPP/VPPP algorithms, DD-based PPP/VPPP algorithms are shown to generate more precise positioning results, i.e. approximately 50-cm root-mean-square errors.

Finally, the estimation algorithms of Euler angles based on baseline vectors for attitude estimation are referred. When we obtain very precise positions of antennas disposed in a plane, we estimate the Euler angles from the baseline vectors of multiple antennas using the least-squares method. The so-called GNSS gyro can be realized as an application of the above-proposed positioning methods.